

## АКЦЕССОРНЫЕ СУЛЬФИДЫ ИЗ ХРОМИТИТОВ ЭРГАКСКОГО УЛЬТРАМАФИТОВОГО МАССИВА (ЗАПАДНЫЙ САЯН)

Юричев А.Н.

*Томский государственный университет, г. Томск, juratur@sibmail.com*

Ультрамафиты офиолитовых комплексов являются составной частью мафит-ультрамафитовых поясов складчатых областей и привлекают большое внимание исследователей как с позиции генезиса, учитывая их мантийную природу образования и связь с ранними этапами развития складчатых сооружений, так и с позиции рудоносности – своей промышленной хромитоносностью с включением минералов ЭПГ, асбестоносностью и никеленосностью латеритного типа (коры выветривания).

Из рудной минерализации, отмечаемой в реститовых ультрамафитах, только минералогия шпинелидов и минералов ЭПГ являются в настоящее время наиболее хорошо изученными разделами, другие рудные минералы, в частности, сульфиды – в литературе освещены значительно слабее.

Трудности в диагностике акцессорных сульфидов в реститовых ультрамафитах связаны с их крайне малыми размерами (5-20 мкм, редко – до 2 мм), а также с их незначительным содержанием в породах – от 0.01 до 0.2 %. С помощью рентгеноспектрального микроанализа [Reed, 2005] на электронном сканирующем микроскопе «Tescan Vega II LMU», оборудованном энергодисперсионным спектрометром (с детектором Si(Li) Standard) INCA Energy 350 и волнодисперсионным спектрометром INCA Wave 700 (ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» ТГУ, г. Томск), выполнено изучение акцессорной сульфидной минерализации в хромититах Эргакского ультрамафитового массива,

входящего в состав куртушибинского офиолитового пояса, локализованного в северо-восточной части Западного Саяна.

Эргакский массив в плане имеет овальную форму с размерами 14×8 км и вытянут в субмеридиональном направлении. Тектоническим нарушением субширотного простирания массив разделен на два разновеликих блока: южный – Лысанский (~75 км<sup>2</sup>) и северный – Малоэргакский (~10 км<sup>2</sup>). В строении Лысанского блока принимают участие ультрамафиты дунит-гарцбургитового полосчатого комплекса [Кривенко и др., 2002]. Он сложен ритмично переслаивающимися дунитами и гарцбургитами, которые претерпели интенсивные пластические деформации. В Малоэргакском блоке дуниты и гарцбургиты нередко преобразованы в регенерированные серпентин-оливиновые ультраметаморфиты и оливиниты. Большая часть известных хромитовых проявлений имеют густовкрапленную до сливной структуру. Они приурочены преимущественно к дунитам и оливинитам и контролируются полосчатой внутренней структурой массива. По периферии обоих блоков значительным распространением пользуются серпентиниты.

В ходе настоящего исследования среди сульфидов установлены: никелистый пентландит, миллерит, железистый миллерит, хизлевудит, железистый хизлевудит, галенит, пирит, халькопирит и железистый халькозин. Из перечисленных сульфидов наибольшим распространением пользуются никелистый пентландит, миллерит и галенит.

Таблица. Средние химические составы акцессорных сульфидов из хромититов Эргакского ультрамафитового массива, вес. %

| Минерал               | Число анализов | Ni    | Co   | Fe    | Pb    | Cu    | S     | Сумма |
|-----------------------|----------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Никелистый пентландит | 5              | 41.95 | 2.24 | 22.53 | –     | –     | 33.29 | 100   |
| Миллерит              | 7              | 63.37 | 0.18 | 0.52  | –     | –     | 35.72 | 99.79 |
| Fe-миллерит           | 3              | 50.55 | 3.02 | 12.23 | –     | –     | 33.40 | 99.20 |
| Хизлевудит            | 3              | 70.91 | –    | 1.37  | –     | –     | 27.72 | 100   |
| Fe-хизлевудит         | 2              | 64.40 | –    | 10.92 | –     | –     | 24.63 | 99.95 |
| Галенит               | 8              | –     | –    | 0.22  | 85.80 | –     | 13.66 | 99.68 |
| Пирит                 | 2              | –     | –    | 45.09 | –     | –     | 54.90 | 100   |
| Халькопирит           | 1              | –     | –    | 29.49 | –     | 34.02 | 35.79 | 99.31 |
| Fe-халькозин          | 2              | –     | –    | 11.16 | –     | 63.15 | 25.31 | 99.63 |

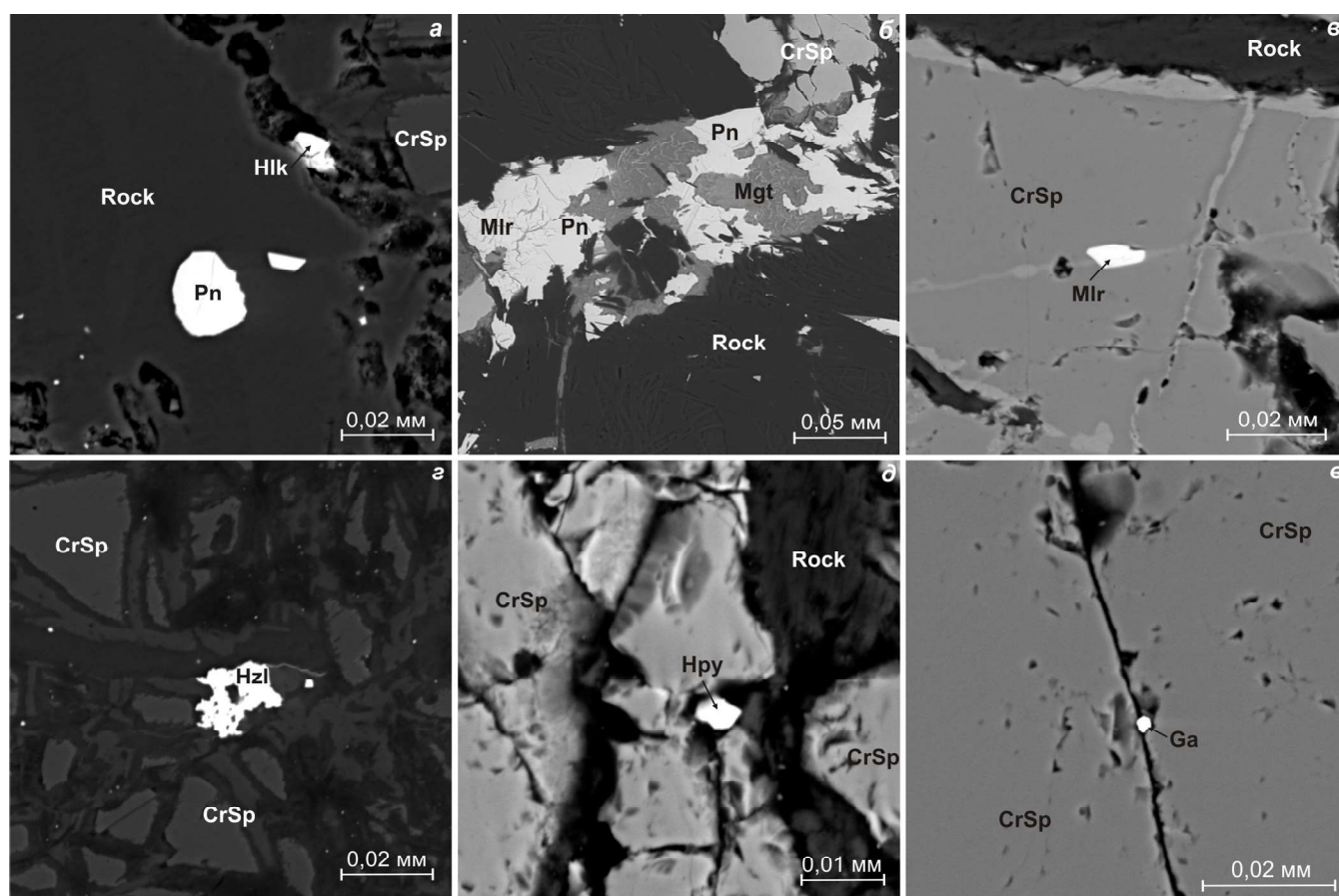


Рис. Акцессорная сульфидная минерализация из хромититов Эргакского массива (режим BSE): Pn – никелистый пентландит; Hlk – железистый халькозин; Mlr – миллерит; Hzl – хизлевудит; Hpy – халькопирит; Ga – галенит; Mgt – магнетит; CrSp – хромшпинелид; Rock – хлорит-серпентиновый агрегат

*Никелистый пентландит* отмечается преимущественно в хлорит-серпентиновом цементе между зернами хромшпинелида в виде отдельных мелких (до 0.03 мм) зерен округлой формы с неровными краями (рис., а). Химический состав минерала характеризуется повышенным содержанием Ni (41–43 %) при пониженных содержаниях Fe (21–23 %) (табл.). По отдельным зернам пентландита наблюдается развитие миллерита (рис., б).

*Миллерит* отмечен главным образом в зернах хромшпинелидов в виде самостоятельных округлых, удлиненных зерен размером до 0.01 мм, редко – в виде зернистых агрегативных выделений по никелистому пентландиту (рис., б–в). В химическом составе минерала нередко диагностируется примесь Fe (до 1.33%) и Co (до 1.23 %) (табл.). В процессе исследования автором выявлены зерна миллерита с повышенным содержанием Fe (до 13.5%) и Co (3.1–5.9%), которые были отнесены к *железистому миллериту*. Последний часто находится в тесной ассоциации с минералами ЭПГ.

*Хизлевудит* встречается в виде мелких (до 0.02 мм) зернистых агрегативных выделений неправильной формы в хромитовом цементе (рис., г). В химиче-

ском составе постоянно диагностируется примесь Fe (до 2.5 %). Образцы с повышенным содержанием Fe (до 11 %) отнесены автором к *железистой* разновидности (табл.).

*Галенит* распространен достаточно широко. Отмечается в виде мелких (до 0.01 мм) обособленных зерен округлой, неправильной формы в неоднородностях зерен хромшпинелидов (рис., е). Его химический состав близок стехиометрическому и практически стерилен. Исключением является редкое присутствие в составе примеси Fe (до 1.4 %) (табл.).

Остальные сульфиды (*пирит, халькопирит, железистый халькозин*) крайне редки по своей распространенности. Они выявлены и изучены на примере всего нескольких мелких (~5–10 мкм) самостоятельных проявлений, локализованных в зонах трещиноватости хромитовых зерен (рис., а, д). Данная группа сульфидов характеризуется беспримесными «чистыми» составами, близкими к стехиометрическим. Очевидно, железистый халькозин является продуктом замещения первичного халькопирита.

Таким образом, по химическому составу и типоморфным особенностям изученные акцессорные сульфиды из хромшпинелидов можно разделить на

три парагенетические ассоциации, связанные с различными процессами становления и преобразования вмещающих их ультрамафитов. К сульфидам первой генетической группы – «первично мантийной», автор относит пирит и халькопирит. Сульфиды второй парагенетической ассоциации представлены никелистым пентландитом, миллеритом, железистым миллеритом, хизлевудитом, железистым хизлевудитом и железистым халькозином. Их формирование связано с массовой лизардитизацией хромититов и вмещающих их дунитов во время регрессивного регионального метаморфизма [Юричев, 2018; Economou, Naldrett, 1984], когда высвобождавшиеся при серпентинизации оливинов никель и кобальт соединялись с серой гидротермальных растворов и кристаллизовались главным образом в виде сульфидов системы Fe-Ni-Co-S.

Особняком стоящий галенит отнесен к третьей парагенетической ассоциации, характеризующейся накоплением редких «нетипичных» для реститовых ультрамафитов элементов, которые выступают не в качестве примесей, а становятся минералообразующими. Появление данной ассоциации автор предположительно связывает с процессом ремобилизации элементов под воздействием просачивающихся более поздних наложенных флюидов, богатых летучими (S, As) и цветными элементами.

Полученные результаты хорошо согласуются с более ранними исследованиями по данному направлению [Макеев, 1992; Юричев, 2015].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кривенко А.П., Подлипский М.Ю., Кубышев А.И., Катанов С.Г. Перспективы хромитоносности и платиноносности гипербазитов Верхне-Амыльского района в Западном Саяне / Минеральные ресурсы Красноярского края. Красноярск: КНИИГиМС, 2002. С. 314–324.
2. Макеев А.Б. Минералогия альпинотипных ультрабазитов Урала. СПб.: Наука, 1992. 197 с.
3. Юричев А.Н. Акцессорные сульфиды из реститовых ультрамафитов // Руды и металлы. 2015. № 2. С. 29–35.
4. Юричев А.Н. Акцессорные сульфиды Кемпирсайского ультрамафитового массива, Южный Урал // Руды и металлы. 2018. № 4. С. 67–75.
5. Economou M.I., Naldrett A.J. Sulfides associated with podiform bodies of chromite at Tsangli, Erimetria, Greece // Miner. Deposits. 1984. Vol. 19. № 4. P. 289–297.
6. Reed S.J.B. Electron microprobe analysis and scanning electron microscopy in geology. N.Y.: Cambridge University Press, 2005. 189 p.